

АТРИОСЕПТОСТОМИЯ С ИМПЛАНТАЦИЕЙ СТЕНТА ПОД КОНТРОЛЕМ ГИБРИДНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ У ПАЦИЕНТА С ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ (КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ)

*Т.З. Аминов – [ORCID: 0000-0001-5660-029X]

врач по РЭДЛ оРХМДиЛ№1¹, ассистент кафедры РЭДЛ²

В.В. Плечев – [ORCID: 0000-0002-6716-4048]

д.м.н., профессор, академик РАН, зав. кафедрой госпитальной хирургии БГМУ^{1,2}

И.Е. Николаева – [ORCID: 0000-0002-7589-5457]

к.м.н., главный врач¹, зав. кафедрой РЭДЛ², главный внештатный кардиолог МЗ РБ

А.Г. Осиев – [ORCID: 0000-0001-5263-0387]

д.м.н., профессор, зав. отделением рентгенхирургии³

Г.А. Халикова – [ORCID: 0000-0002-1943-4971]

к.м.н., врач функциональной диагностики¹

И.В. Дмитриев – [ORCID: 0000-0002-1728-5415]

врач по РЭДЛ оРХМДиЛ№1¹

И.В. Бузаев – [ORCID: 0000-0003-0511-9345]

д.м.н., зав. оРХМДиЛ№1, профессор кафедры госпитальной хирургии²

¹ ГБУЗ «Республиканский Кардиологический Центр»

450106 Российская Федерация, г. Уфа, ул. Степана Кувыкина, 96

² ФГБОУ ВО «Башкирский Государственный Медицинский Университет»

450008 Российская Федерация, г. Уфа, ул. Ленина, 3

³ «Клинико-диагностический центр МЕДСИ»

123242 Российская Федерация, г. Москва, ул. Красная Пресня, 16

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

- EchoNavigator®
- легочная артериальная гипертензия
- атриосептостомия
- стентирование межпредсердной перегородки.

АННОТАЦИЯ:

Введение: легочная артериальная гипертензия (ЛАГ) – это заболевание, характеризующиеся прогрессирующим повышением легочного сосудистого сопротивления, которое приводит к развитию правожелудочковой сердечной недостаточности и преждевременной гибели пациентов. На сегодняшний день существует несколько способов создания межпредсердного сообщения (МПС): баллонная дилатация, процедура Парка, баллонная ножевая атриосептостомия и стентирование МПС, имплантация фенестрированных окклюдеров.

Основная проблема позиционирования устройства в межпредсердную перегородку заключается в том, что межпредсердная перегородка не видна на флуороскопии, где виден стент на всем протяжении, а стент не виден на всем протяжении на эхокардиографии, где видна перегородка. Именно для этой операции очень полезно совмещение эхо и флуороскопического изображения в режиме реального времени, чтобы точно поставить стент серединой на уровне перегородки и избежать дислокации с эмболизацией левых или правых полостей сердца и сосудов большого или малого круга.

Материалы и методы: представлено клиническое наблюдение пациента с легочной артериальной гипертензией, которому в условиях интубационного наркоза выполнена атриосептостомия с имплантацией стента в межпредсердную перегородку под контролем рентгеноскопии и чреспищеводной эхокардиографии (ЧПЭхоКГ) с использованием системы гибридной визуализации «EchoNavigator®». Для выполнения процедуры использовался стент «Palmaз», установленный без дополнительной фиксации.

Результаты: использование системы гибридной навигации при оперативном вмешательстве позволило максимально быстро и точно позиционировать и имплантировать стент в межпредсердную перегородку. Данное хирургическое вмешательство значительно улучшило клиническое состояние больного, сердечную гемодинамику и соответственно повысило качество жизни.

Выводы: атриосептостомия является методом хирургической помощи пациентам с тяжелой формой идиопатической легочной артериальной гипертензией. Проведение данной операции под контролем системы «EchoNavigator®» с функцией гибридной визуализации в режиме реального времени значительно облегчило процедуру позиционирования и имплантации стента, способствовало безопасному выполнению процедуры благодаря детальной визуализации анатомических структур сердца.

Для цитирования: Аминов Т.З., Плечев В.В., Николаева И.Е., Осиев А.Г., Халикова Г.А., Дмитриев И.В., Бузаев И.В. «АТРИОСЕПТОСТОМИЯ С ИМПЛАНТАЦИЕЙ СТЕНТА ПОД КОНТРОЛЕМ ГИБРИДНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ У ПАЦИЕНТА С ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ» Ж. ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ И ИНТЕРВЕНЦИОННАЯ РАДИОЛОГИЯ, 2020; 14(4):55–62

*Адрес для корреспонденции (Correspondence to): Аминов Тагир Закариевич (Aminov Tagir Z.), e-mail: tag-aminov@yandex.ru

ATRIAL SEPTOSTOMY WITH STENT IMPLANTATION UNDER CONTROL OF HYBRID VISUALIZATION IN PATIENT WITH PULMONARY ARTERIAL HYPERTENSION (CASE REPORT)

* **Aminov T.Z.** – [ORCID: 0000-0001-5660-029X]

MD^{1,2}

Plechev V.V. – [ORCID: 0000-0002-6716-4048]

MD, PhD, professor, academician of RAS^{1,2}

Nikolaeva I.E. – [ORCID: 0000-0002-7589-5457]

MD, PhD, chief of medicine¹, chairman²

Osiev A.G. – [ORCID: 0000-0001-5263-0387]

MD, PhD, professor³

Khalikova G.A. – [ORCID: 0000-0002-1943-4971]

MD, PhD¹

Dmitriev I.V. – [ORCID: 0000-0002-1728-5415]

MD¹

Buzaev I.V. – [ORCID: 0000-0003-0511-9345]

MD, PhD, professor^{1,2}

¹ «Republican Cardiology Center»

96, *Stepana Kurykina str.*, Republic of Bashkortostan, Russian Federation, Ufa, 450106

² «Bashkir State Medical University»

3, *Lenina str.*, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russian Federation, 450008

³ «The Clinical Diagnostic center MEDSI»

16, *Krasnaya Presnya str.*, Moscow, Russian Federation, 123242

KEY-WORDS:

- EchoNavigator®
- pulmonary arterial hypertension
- atrial septostomy
- atrial septum stenting

ABSTRACT:

Introduction: pulmonary arterial hypertension (PAH) is a disease characterized by a progressive increase in pulmonary vascular resistance that leads to the development of right ventricular heart failure and premature death of patients. Today, there are several ways to create an atrial communication: balloon dilatation, Park procedure, balloon knife atrial septostomy, atrial septum stenting and implantation of fenestrated occluder.

The main problem with positioning of the device is that the atrial septum is not visible on fluoroscopy, where the stent is visible throughout. And the stent is not visible throughout on echocardiography, where the septum is visible. Exactly for this operation, the combination of echo- and fluoroscopic image in real time is very useful in order to accurately place in the middle at the level of stent in the septum and to avoid its dislocation with embolization of right or left heart chambers, or vessels of pulmonary and systemic circuit.

Material and methods: we present a case report of atrial septostomy with stent implantation into the atrial septum using the EchoNavigator® hybrid imaging system in a patient with pulmonary arterial hypertension. Surgical intervention was performed on a patient with PAH: atrial septostomy with intubation anesthesia under the control of fluoroscopy and transesophageal echocardiography (TEE) using the EchoNavigator® system. The procedure was performed using a Palmaz stent, that was implanted without additional fixation.

Results: patient with pulmonary hypertension underwent an atrial septostomy using the EchoNavigator® hybrid imaging system, which was used for positioning and implantation of stent into the atrial septum as quickly and accurately as possible. This surgical intervention significantly improved patient's clinical condition, cardiac hemodynamics and, accordingly, increased the quality of life.

Conclusion: atrial septostomy is a surgical method for patients with severe pulmonary arterial hypertension. Carrying out this operation under the control of the EchoNavigator® system with the function of hybrid imaging in real time greatly facilitated the procedure for positioning and implanting of stent, facilitated the safe implementation

Введение

Легочная артериальная гипертензия (ЛАГ) является тяжелым и прогрессирующим синдромом, характеризующимся повышенным сопротивлением легочных сосудов, что приводит к правосторонней сердечной недостаточности и, в конечном итоге, смерти [1]. Лечение ЛАГ состоит из специфической терапии, длительной оксигенотерапии и при прогрессировании процесса - трансплантации сердца и/или легких.

В последнее время, чрескожная баллонная предсердная септостомия используется как паллиативное лечение или мост к трансплантации у пациентов с тяжелой правожелудочковой недостаточностью, резистентной к медикаментозной терапии [2-6].

На сегодняшний день существует несколько способов создания межпредсердного сообщения (МПС): баллонная дилатация, процедура Парка, баллонная ноже-

вая атриосептостомия и стентирование межпредсердной перегородки, имплантация фенестрированных окклюдеров [7,8].

Необходимо отметить, что вследствие самопроизвольного закрытия МПС в отдаленном периоде после ступенчатой баллонной атриосептостомии (АСС) повторная процедура требуется у 29-34% больных, третья по счету АСС – у 6-9% больных и четвертая – 6% [9,10]. АСС с последующей имплантацией в межпредсердную перегородку стента или фенестрированного устройства позволяет поддерживать заданный диаметр МПС в течении длительного времени [11-17].

Из-за изменения пространственной формы межпредсердной перегородки у больных с тяжелой легочной гипертензией, для безопасного выполнения трансептальной пункции, помимо флюороскопии, используется чреспищеводная или внутрисердечная эхокардиография [18–21]. Адекватное перипроцедурное изображение необходимо для безопасного выполнения сердечно-сосудистых вмешательств [22,23].

Основная проблема позиционирования устройства в межпредсердную перегородку заключается в том, что межпредсердная перегородка не видна на флюороскопии, где виден стент на всем протяжении, а стент не виден на всем протяжении на эхокардиографии, где видна перегородка. Именно для этой операции очень полезно совмещение ЭХО- и флюороскопического изображения в режиме реального времени, чтобы точно поставить стент серединой на уровне перегородки и избежать дислокации с эмболизацией левых или правых полостей сердца и сосудов большого или малого круга.

Система EchoNavigator® (Philips Healthcare, Best, Нидерланды) была представлена как новое программное решение, позволяющее объединять эхокардиографические и флюороскопические изображения на одном дисплее в режиме реального времени [23-25].

Эта система имеет следующие преимущества:

- данная программа создает качественные 3D изображения, улучшенную пространственную визуализацию для проведения пункции межпредсердной перегородки в выбранной точке, имплантации стента в правильном положении;
- ускоряет процесс, автоматически сохраняя одинаковую ориентацию и угол обзора изображений в режиме реального времени на одном экране.

Нами представлен клинический случай атриосептостомии с имплантацией стента в межпредсердную перегородку с применением системы «EchoNavigator®» у пациента с легочной артериальной гипертензией.

Материалы и методы

Пациент А., 60 лет, поступил в кардиологический центр в 2020 г. с жалобами на одышку при незначительной

физической нагрузке, резкое снижение физической активности. Самостоятельная деятельность крайне ограничена, отмечает частые синкопальные состояния до 3-х раз в неделю.

Anamnes morbi: с 2015 года стали беспокоить одышка и снижение толерантности к физической нагрузке.

В 2016 г. было проведено стационарное лечение с проведением катетеризации правых отделов сердца и установлен диагноз: идиопатическая легочная артериальная гипертензия.

С 2016 г. назначена специфическая медикаментозная монотерапия ЛАГ препаратом Силденафилом с постепенным увеличением дозы.

С 2019 г. – первое синкопальное состояние на фоне физического перенапряжения.

К 2020 году в связи с прогрессированием основного заболевания пациент принимал тройную ЛАГ-специфическую терапию: Силденафил 60 мг/сут., Мацитентан 10 мг/сут., ингаляции Илопроста до 6 раз в день.

С декабря 2019 г., несмотря на проводимую трехкомпонентную ЛАГ-специфическую терапию, у больного отмечалось ухудшение самочувствия в виде усиления одышки и возникновения частых синкопальных состояний.

Пациенту утановлен диагноз: идиопатическая легочная гипертензия 4-го функционального класса (ВОЗ).

Осложнения: ХСН 2А. Синкопальные состояния. Функциональная недостаточность трикуспидального клапана 2 ст. по данным Эхо-КГ.

По данным Эхо-КГ при поступлении в стационар: КДР – 3,0 см, левое предсердие 3,3(4,7×3,3) см, правый желудочек – 3,8 см, TAPSE – 1,6 см, стенка – 1,0 см, правое предсердие – 5,8×4,2 см, S (правого предсердия) – 24 см², ФВ(ЛЖ) – 58%. Гипертрофия миокарда правого желудочка. Парадоксальное движение МЖП. Легочная артерия расширена, диаметр ствола 3,2 см. Трикуспидальная регургитация (++) Vel – 5,0 м/сек. Нижняя полая вена – 2,5 см, не коллабирует. Расчетное давление в правом желудочке 120 мм рт. ст., среднее давление в легочной артерии 50 мм рт. ст.

Проведена катетеризация правых отделов сердца; ДЗЛК 14/5(9) мм рт. ст.; давление в легочной артерии 143/48(81) мм рт. ст.; давление в полости правого желудочка 132/8(54) мм рт.ст.; давление в ПП 15/4(9) мм рт. ст.; СВ=70×3/1,36×135×(0,96-0,64)=210/59=3,5 л/мин.; ЛСС=81-9/3,5=20 Вуда.

По определению рабочей группы по диагностике и лечению легочной гипертензии Европейского общества кардиологов (ESC) и Европейского общества пульмонологов (ERS) проведение атриосептостомии рекомендована пациентам с ЛАГ IV ФК (ранее также III ФК), с частыми синкопе и/или рефрактерной правожелудочковой СН, несмотря на медикаментозную терапию (или при недоступности лекарственного лечения), в том числе перед трансплантацией. Следует избегать выполнения баллонной предсердной

септостомии у крайне тяжелых пациентов, исходно имеющих среднее ДПП > 20 мм рт. ст. и сатурацию O₂ в покое <85%.

В марте 2020 г. проведено оперативное вмешательство: атриосептостомия под контролем ЧПЭхоКГ с использованием системы «EchoNavigator®». Произве-

дена транссептальная пункция межпредсердной перегородки транссептальной иглой под контролем «EchoNavigator®» и рентгеноскопии. Баллоном 7,0×40 мм произведена баллонная пластика перегородки. На стенке Palmaz 9,0×30 мм искусственно создан перешеек: лигатура продета через ячейку стента и сформиро-

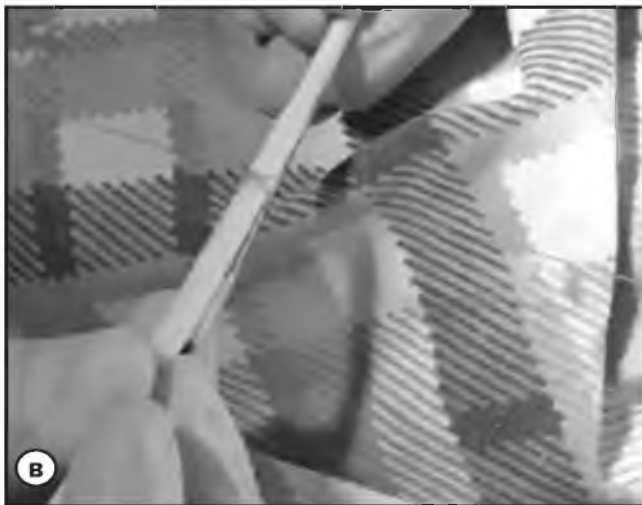


Рис. 1. а – лигатура продета через ячейку стента;
 б – использование бужа от интродьюсера для создания определенного диаметра (6 мм);
 в – затягивание узлов вокруг бужа;
 г – сформированная петля с определенным диаметром (6 мм).

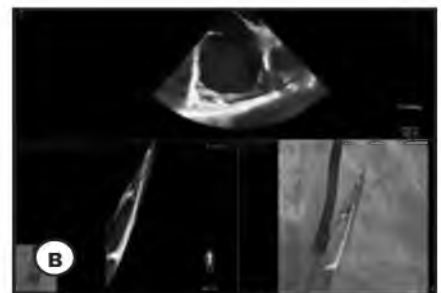
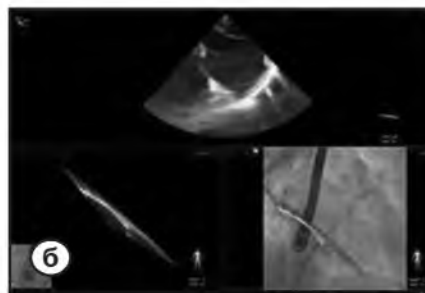


Рис. 2. а, б, в, – Визуализация рентгеноскопических изображений системы доставки стента совмещенное с ЭХО-изображением межпредсердной перегородки (гибридная визуализация).

вана петля диаметром 6 мм (рис. 1). По интродьюсеру низведен стент с лигатурой, установлен в созданном дефекте межпредсердной перегородки под контролем «EchoNavigator®» и рентгеноскопии (рис. 2). Стент раскрыт давлением 6 атмосфер (рис. 3). После имплантации стент стабильный и совершает движения вместе с перегородкой (рис. 4, 5).

Послеоперационный период прошел без осложнений, больной отмечал значительное улучшение самочувствия: снижение одышки, повышение толерантности к физической нагрузке (улучшение показателей теста с 6 минутной ходьбой со 115 до 360 метров), купирование синкопальных состояний.

Контрольное ЭхоКГ после операции (рис. 6): КДР – 4,0 см; левое предсердие 3,8(4,9×3,8)см; правый желудочек – 3,3 см; TAPSE – 2,0 см; правое предсердие – 5,2×3,9 см; S (правого предсердия) – 18 см²;

ФВ (ЛЖ) – 65%. В средней трети МПП лоцируется ЭХО-тень структуры стента, через который осуществляется шунтирование крови из правого предсердия в левое шириной 0,6 см. Легочная артерия расширена, диаметр ствола 3,0 см. Трикуспидальная регургитация (+) (++) . Нижняя полая вена 2,3 см, кроллабирует меньше 50%. Расчетное давление в правом желудочке 70 мм рт.ст., среднее давление в легочной артерии 37 мм рт. ст. Через 3 месяца при повторном осмотре состояние пациента стабильно удовлетворительное, отмечается стойкое отсутствие синкопальных проявлений, одышка не прогрессирует.

Результаты

В ГБУЗ РКЦ нами была проведена атриосептостомия с имплантацией стента у больного с тяжелой формой

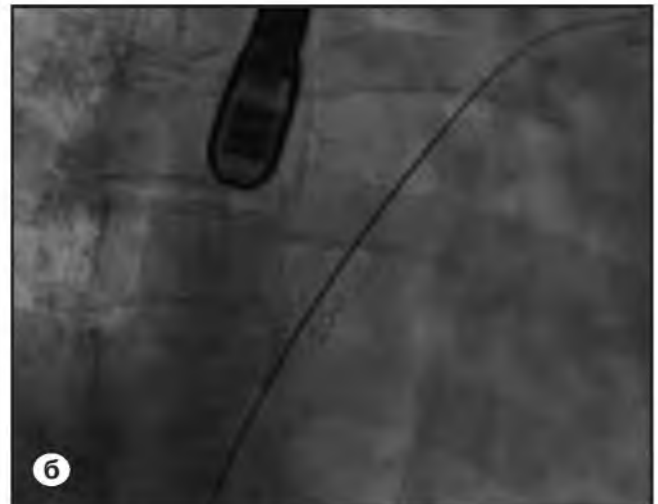
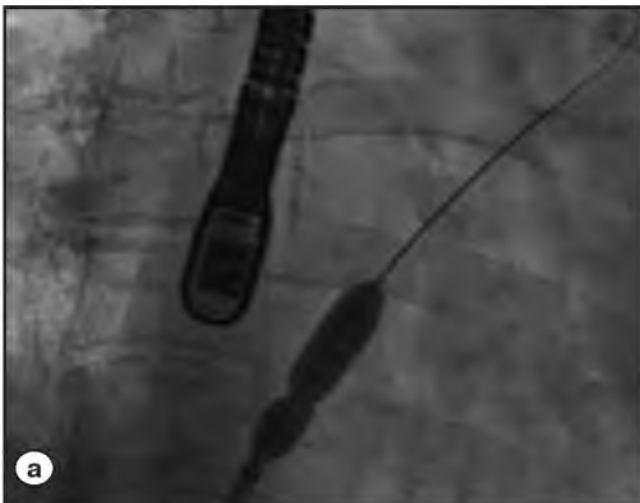


Рис. 3. а – раскрытие стента Palmaz 9,0×30мм давлением 6 атмосфер; б – стент имплантирован в межпредсердную перегородку.

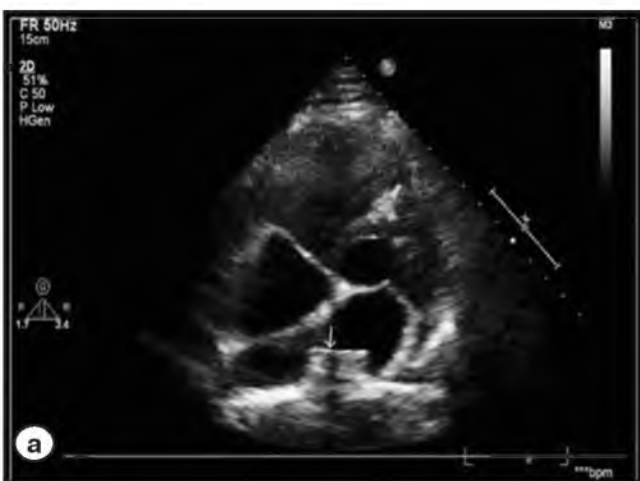


Рис. 4. а, б – Интраоперационное 2D Эхо-КГ, в проекции межпредсердной перегородки лоцируется тень стента.

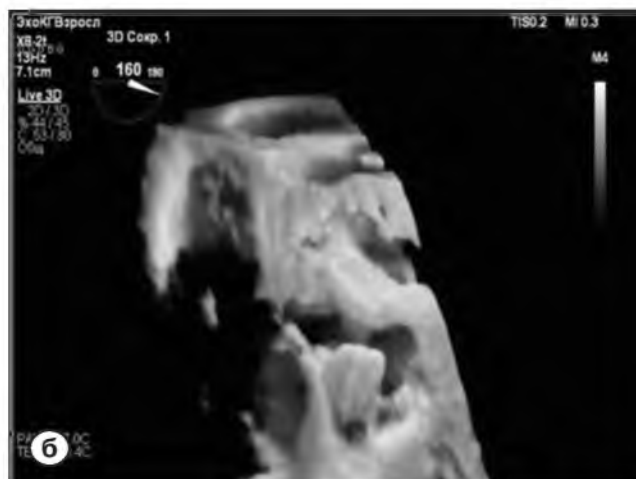
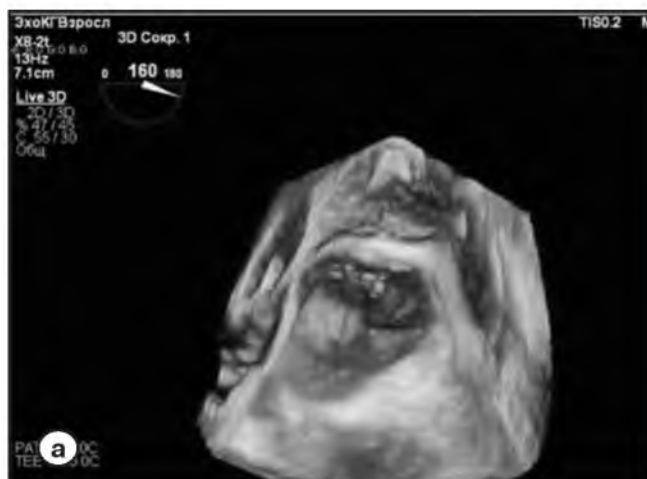


Рис. 5. а,б – интраоперационная 3D реконструкция с визуализацией стента в проекции межпредсердной перегородки.



Рис. 6. Послеоперационное трансторакальное Эхо-КГ с визуализацией тени стента в межпредсердной перегородке.

легочной гипертензии. При этой операции использовалась система гибридной визуализации EchoNavigator®, которая является интегративным решением, объединяющим два основных метода - эхокардиографию и рентгеноскопию. В послеоперационном периоде пациент отмечал значительное улучшение самочувствия: снижение одышки, повышение толерантности к физической нагрузке (улучшение

показателей теста с 6 минутной ходьбой со 115 до 360 метров), отсутствие синкопальных состояний. Через 3 мес. при плановом осмотре положительная динамика сохранялась.

Выводы

Атриосептостомия является методом хирургической помощи пациентам с тяжелой формой идиопатической легочной артериальной гипертензией, резистентной к ЛАГ-специфическому лечению, поскольку обеспечивает разгрузку правых отделов, соответственно уменьшает компрессию левых отделов и увеличивает сердечный выброс, а также, является профилактикой синкопальных состояний.

Проведение операции атриосептостомии у пациента с тяжелой легочной артериальной гипертензией под контролем системы «EchoNavigator®» с функцией гибридной визуализации в режиме реального времени значительно облегчило процедуру позиционирования и имплантации стента, способствовало безопасному выполнению манипуляции благодаря детальной визуализации анатомических структур сердца и соответственно уменьшило вероятность возникновения интраоперационных осложнений. ■

Список литературы

1. Galiè N., Rubin L. Pulmonary arterial hypertension. Epidemiology, pathobiology, assessment and therapy, *Journal of the American College of Cardiology*. 2004; 43:1–90.
2. Badesch D.B., Abman S.H., Simonneau G., et al. Medical therapy for pulmonary arterial hypertension: updated ACCP evidence-based clinical practice guidelines. *Chest*. 2007; 131:1918–28. <http://doi.org/10.1378/chest.06-2674>

3. Reichenberger F., Pepke-Zaba J., McNeil K., et al. Atrial seprostomy in the treatment of severe pulmonary arterial hypertension. *Thorax*. 2003; 58:797–800. <http://doi.org/10.1136/thorax.58.9.797>
4. Law M., Grifka R.G., Mullins C.E., et al. Atrial septostomy improves survival in select patients with pulmonary hypertension. *Am Heart J*. 2007; 153:779–84. <http://doi.org/10.1016/j.ahj.2007.02.019>
5. Kurzyna M., Dabrowski M., Bielecki D., et al. Atrial

septostomy in treatment of end-stage right heart failure in patients with pulmonary hypertension. *Chest*. 2007; 131:977–83.

<http://doi.org/10.1378/chest.06-1227>

6. Gorbachevsky S.V. Belkina M.V., Pursanov M.G., et al. Atrial septostomy as a long bridge to lung transplantation in patients with idiopathic pulmonary arterial hypertension. *J. Cardiovasc. Surg.* 2012; 53:11.

7. Алякян Б.Г., Горбачевский С.В., Пурсанов М.Г., и др. Стентирование межпредсердной перегородки при идиопатической легочной гипертензии. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия* №5. 2016; 58(5): 258–314.

8. Шмальц А.А., Нишонов Н.А. Атриосептостомия у больных с легочной гипертензией. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2015; 57(5): 18–25.

9. Sandoval J., Gaspar J., Pena H., et al. Effect of atrial septostomy on the survival of patients with severe pulmonary arterial hypertension. *Eur. Respir. J.* 2011; 38: 1343–8. <http://doi.org/10.1183/09031936.00072210>

10. Chiu S., Zuckerman W.A., Turner M.E., et al. Balloon atrial septostomy in pulmonary arterial hypertension: Effect on survival and associated outcomes. *J. Heart Transplant.* 2015;34(3):376–80.

<http://doi.org/10.1016/j.healun.2015.01.004>.

11. Fraisse A., Chetaille P., Amin Z., et al. Use of Amplatzer fenestrated atrial septal defect device in a child with familial pulmonary hypertension. *Pediatr. Cardiol.* 2006; 27: 759–62.

12. O'loughlin A.J., Keogh A., Muller D.W. Insertion of a fenestrated Amplatzer atrial septostomy device for severe pulmonary hypertension. *Heart Lung Circ.* 2006; 15: 275–7.

<http://doi.org/10.1016/j.hlc.2006.02.002>

13. Prieto L.R., Latson L.A., Jennings C. Atrial septostomy using a butterfly stent in a patient with severe pulmonary arterial hypertension. *Cathet. Cardiovasc. Interv.* 2006; 68: 642–7.

<http://doi.org/10.1002/ccd.20745>.

14. Althoff T.F., Knebel F., Panda A., et al. Longterm follow-up of a fenestrated Amplatzer atrial septal occlude in pulmonary arterial hypertension. *Chest*. 2008; 133: 283–5.

<http://doi.org/10.1378/chest.07-1222>

15. Troost E., Delcroix M., Gewillig M., et al. A modified technique of stent fenestration of the interatrial septum improves patients with pulmonary hypertension. *Cathet. Cardiovasc. Interv.* 2008; 73: 173–9.

<https://doi.org/10.1002/ccd.21760>

16. Roy A.K., Gaine S.P., Walsh K.P. Percutaneous atri-

al septostomy with modified butterfly stent and intracardiac echocardiographic guidance in a patient with syncope and refractory pulmonary arterial hypertension. *Heart Lung Circ.* 2013; 22(8):668–71.

<https://doi.org/10.1016/j.hlc.2013.01.005>

17. Алякян Б.Г., Пурсанов М.Г. Стентирование межпредсердной перегородки. *Руководство по рентгеноваскулярной хирургии сердца и сосудов*. 2008; 2:57–65.

18. Sager J.S., Ahya V.N. Surgical therapies for pulmonary arterial hypertension. *Clin. Chest Med.* 2007; 28: 187–202.

<https://doi.org/10.1016/j.ccm.2006.11.003>

19. Unger P., Stoupe E., Vachiere J.L., et al. Atrial septostomy under transesophageal guidance in a patient with primary pulmonary hypertension and absent right superior vena cava. *Intensive Care Med.* 1996; 22: 1410–11.

<https://doi.org/10.1007/BF01709560>

20. Bidoggia H., Maciel J.P., Alvarez J.A. Transseptal left heart catheterization: usefulness of the intracavitary electrocardiogram in the localization of the fossa ovalis. *Cathet. Cardiovasc. Diagn.* 1991; 24: 221–5.

<https://doi.org/10.1002/ccd.1810240318>

21. Moscucci M., Dairywala I.T., Chetcuti S., et al. Balloon atrial septostomy in end-stage pulmonary hypertension guided by a novel intracardiac echocardiographic transducer. *Cathet. Cardiovasc. Interv.* 2001; 52: 530–4.

<https://doi.org/10.1002/ccd.1116>

22. Sorajja P., Cabalka A.K., Hagler D.J., et al. Long-term follow-up of percutaneous repair of paravalvular prosthetic regurgitation. *J Am Coll Cardiol.* 2011; 58:2218–2224.

<https://doi.org/10.1016/j.jacc.2011.07.041>.

23. Zorinas A., Janusauskas V., Davidavicius G., et al. Fusion of real-time 3D transesophageal echocardiography and cardiac fluoroscopy imaging in transapical catheter-based mitral paravalvular leak closure. *Advances in Interventional Cardiology.* 2017;13(3):263–268.

<https://doi.org/10.5114/aic.2017.70200>

24. Corti R., Biaggi P., Gaemperli O., et al. Integrated x-ray and echocardiography imaging for structural heart interventions. *EuroIntervention.* 2013; 9:863–869

<https://doi.org/10.4244/EIJV9I7A140>

25. Sündermann S.H., Biaggi P., Grunenfelder J., et al. Safety and feasibility of novel technology fusing echocardiography and fluoroscopy images during MitraClip interventions. *EuroIntervention.* 2014; 9: 1210–1216.

<https://doi.org/10.4244/EIJV9I10A203>

References

1. Galiè N, Rubín L. Pulmonary arterial hypertension. Epidemiology, pathobiology, assessment and therapy. *Journal of the American College of Cardiology.* 2004; 43:1–90.

2. Badesch DB, Abman SH, Simonneau G, et al. Medical therapy for pulmonary arterial hypertension: updated ACCP evidence-based clinical practice guidelines. *Chest.* 2007; 131:1918–28.

<http://doi.org/10.1378/chest.06-2674>

3. Reichenberger F, Pepke-Zaba J, McNeil K, et al. Atrial septostomy in the treatment of severe pulmonary arterial hypertension. *Thorax*. 2003; 58:797–800. <http://doi.org/10.1136/thorax.58.9.797>
4. Law M, Grifka RG, Mullins CE, et al. Atrial septostomy improves survival in select patients with pulmonary hypertension. *Am Heart J*. 2007; 153:779–84. <http://doi.org/10.1016/j.ahj.2007.02.019>
5. Kurzyna M, Dabrowski M, Bielecki D, et al. Atrial septostomy in treatment of end-stage right heart failure in patients with pulmonary hypertension. *Chest*. 2007; 131:977–83. <http://doi.org/10.1378/chest.06-1227>
6. Gorbachevsky SV, Belkina MV, Pursanov MG, et al. Atrial septostomy as a long bridge to lung transplantation in patients with idiopathic pulmonary arterial hypertension. *J. Cardiovasc. Surg*. 2012; 53:11.
7. Alekryan BG, Gorbachevsky SV, Pursanov MG, et al. Atrial septal stenting in idiopathic pulmonary hypertension. *Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2016; 58(5): 258-314 [In Russ].
8. Schmaltz AA, Nishonov NA. Atrioseptostomy in patients with pulmonary hypertension. *Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2015; 57(5): 18-25 [In Russ].
9. Sandoval J, Gaspar J, Pena H, et al. Effect of atrial septostomy on the survival of patients with severe pulmonary arterial hypertension. *Eur. Respir. J*. 2011; 38: 1343–8. <http://doi.org/10.1183/09031936.00072210>
10. Chiu S, Zuckerman WA, Turner ME, et al. Balloon atrial septostomy in pulmonary arterial hypertension: Effect on survival and associated outcomes. *J. Heart Transplant*. 2015;34(3):376-80. <http://doi.org/10.1016/j.healun.2015.01.004>.
11. Fraisse A, Chetaille P, Amin Z, et al. Use of Amplatzer fenestrated atrial septal defect device in a child with familial pulmonary hypertension. *Pediatr. Cardiol*. 2006; 27: 759–62.
12. O'loughlin AJ, Keogh A, Muller DW. Insertion of a fenestrated Amplatzer atrial septostomy device for severe pulmonary hypertension. *Heart Lung Circ*. 2006; 15: 275–7. <http://doi.org/10.1016/j.hlc.2006.02.002>
13. Prieto LR, Latson LA, Jennings C. Atrial septostomy using a butterfly stent in a patient with severe pulmonary arterial hypertension. *Cathet. Cardiovasc. Interv*. 2006; 68: 642–7. <http://doi.org/10.1002/ccd.20745>.
14. Althoff TF, Knebel F, Panda A, et al. Longterm follow-up of a fenestrated Amplatzer atrial septal occlude in pulmonary arterial hypertension. *Chest*. 2008; 133; 283–5. <http://doi.org/10.1378/chest.07-1222>
15. Troost E, Delcroix M, Gewillig M, et al. A modified technique of stent fenestration of the interatrial septum improves patients with pulmonary hypertension. *Cathet. Cardiovasc. Interv*. 2008; 73: 173–9. <https://doi.org/10.1002/ccd.21760>
16. Roy AK, Gaine SP, Walsh KP. Percutaneous atrial septostomy with modified butterfly stent and intracardiac echocardiographic guidance in a patient with syncope and refractory pulmonary arterial hypertension. *Heart Lung Circ*. 2013; 22(8):668–71. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2013.01.005>
17. Alekryan BG, Pursanov MG. Atrial septal stenting. Guide to endovascular surgery of the heart and blood vessels. 2008; 2:57–65 [In Russ].
18. Sager JS, Ahya VN. Surgical therapies for pulmonary arterial hypertension. *Clin. Chest Med*. 2007; 28: 187–202. <https://doi.org/10.1016/j.ccm.2006.11.003>
19. Unger P, Stoupe E, Vachiere JL, et al. Atrial septostomy under transesophageal guidance in a patient with primary pulmonary hypertension and absent right superior vena cava. *Intensive Care Med*. 1996; 22:1410–11. <https://doi.org/10.1007/BF01709560>
20. Bidoggia H, Maciel JP, Alvarez JA. Transseptal left heart catheterization: usefulness of the intracavitary electrocardiogram in the localization of the fossa ovalis. *Cathet. Cardiovasc. Diagn*. 1991; 24:221–5. <https://doi.org/10.1002/ccd.1810240318>
21. Moscucci M, Dairywala IT, Chetcuti S, et al. Balloon atrial septostomy in end-stage pulmonary hypertension guided by a novel intracardiac echocardiographic transducer. *Cathet. Cardiovasc. Interv*. 2001; 52:530–4. <https://doi.org/10.1002/ccd.1116>
22. Sorajja P, Cabalka AK, Hagler DJ, et al. Long-term follow-up of percutaneous repair of paravalvular prosthetic regurgitation. *J Am Coll Cardiol*. 2011; 58:2218–2224. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2011.07.041>.
23. Zorinas A, Janusauskas V, Davidavicius G, et al. Fusion of real-time 3D transesophageal echocardiography and cardiac fluoroscopy imaging in transapical catheter-based mitral paravalvular leak closure. *Advances in Interventional Cardiology*. 2017; 13(3):263-268. <https://doi.org/10.5114/aic.2017.70200>
24. Corti R, Biaggi P, Gaemperli O, et al. Integrated x-ray and echocardiography imaging for structural heart interventions. *EuroIntervention*. 2013; 9:863-869 <https://doi.org/10.4244/EIJV9I7A140>
25. Sündermann SH, Biaggi P, Grünenfelder J, et al. Safety and feasibility of novel technology fusing echocardiography and fluoroscopy images during MitraClip interventions. *EuroIntervention*. 2014; 9:1210-1216. <https://doi.org/10.4244/EIJV9I10A203>